1. Energieeinsatz und Energieressourcen

Das Thema Energie ist ein sehr komplexes und umfasst im Grunde sämtliche Lebensbereiche. Wir starten dieses Skriptum, indem wir einen Überblick geben, welche Energieformen es in unserem Universum und auf der Erde gibt und in welchen Größenordnungen die Energieträger zur Verfügung stehen.

Im Anschluss wird auf die Entwicklung des Weltenergieverbrauchs einschließlich des Einsatzes der verschiedenen Energieträger eingegangen. Wie sich der weltweite Energiekonsum verteilt kann anhand des Pro-Kopf Energieverbrauchs verschiedener Länder und Kontinente miteinander verglichen werden.

Am Beispiel Österreichs wird gezeigt, wie hoch die inländische Energieproduktion ist und wie viel Energie importiert werden muss, um den heimischen Verbrauch zu decken. Der Energieverbrauch wird nach Energieträgern, Sektoren und Nutzenergiekategorien aufgeschlüsselt.

Schließlich kann mit der Aufstellung des Energieverbrauchs eines Haushaltes der Bezug zum eigenen Energieverbrauch hergestellt werden. Der Begriff Energiedienstleistung wird erklärt und auf die große Bedeutung des NutzerInnenverhaltens eingegangen. Mit dem ökologischen Fußabdruck wird die Bewertung des eigenen ökologischen Verhaltens möglich und Bewusstsein für Verhaltensänderungen hin zu einem reduzierten Energiegebrauch geweckt.

Weltweite Energiepotentiale und Reserven

Erscheinungsformen der Energie

Um die Energiesituation zu betrachten, ist es wichtig einen Überblick über die vorhandenen Energieformen und Nutzungsmöglichkeiten zu haben. Diese sind:

Sonnenenergie mit all ihren Nutzungsformen:

Direkte Solarenergienutzung:

Aktiv: Photovoltaik
Thermische Solarkollektoren

Passiv: Solararchitektur

Indirekte Solarenergienutzung:

Biomasse (Holz, Biodiesel, Biogas, Energiegras)
Umweltwärme (Erdwärme, Grundwasser, Luft)
Wasserkraft (Wasserkraftwerke, Meeres-strömungskraftwerke)
Windenergie (Windkraftanlagen)

Erdwärme (Geothermische Energie): Wärmefluss aus dem Erdinneren

Gezeitenenergie (Rotationsenergie der Erde und wird durch die Gravitationskraft zwischen Erde und Mond verursacht)

Fossile Energieträger

Erdgas
Erdöl
Kohle (insb. Stein- und Braunkohle)

Uran und Plutonium für Kernspaltung

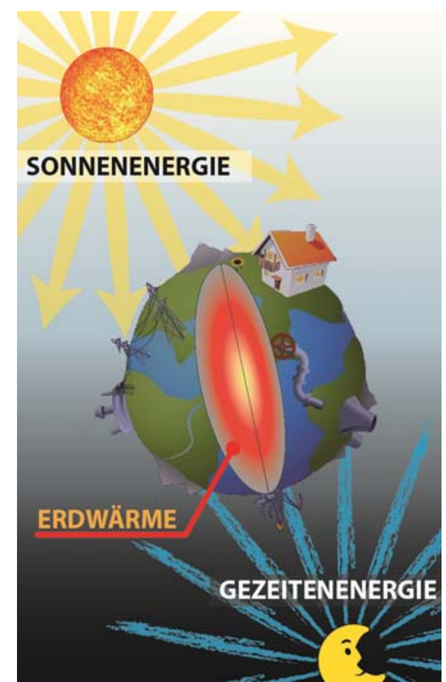


Abbildung 1: Erneuerbare Energiequellen; eigene Darstellung

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

Erneuerbare und nicht Erneuerbare Energiequellen

Grundsätzlich lassen sich die Energiequellen in zwei Kategorien einteilen:

Als Erneuerbare Energiequellen werden solche bezeichnet, die in menschlichen Dimensionen unerschöpflich sind oder sich ständig erneuern. Dazu zählen Sonnenenergie, Erdwärme und die Rotationsenergie der Erde, die als Gezeitenenergie nutzbar ist. Diese Energiequellen sind in Abbildung 1 veranschaulicht.
Ein weiterer Energiespeicher ist die vorhandene organische Materie (Biomasse) auf der Erdoberfläche. Diese kann nachhaltig, das heißt erneuerbar, oder ausbeuterisch, das heißt, nicht erneuerbar verwendet werden.

Nicht erneuerbare Energieträger sind Energieformen, die in der Erdkruste lagern und aufbrauchbar, also endlich sind. Dazu zählen die fossilen Energieträger Erdöl, Erdgas und Kohle und die radioaktiven Stoffe Uran 235 und Plutonium, die für die Kernspaltung eingesetzt werden.

Ressourcen und Reserven

Als Energieressource bezeichnet man jene Menge eines Rohstoffes, die auf der Erde insgesamt vorhanden ist. Dies beinhaltet auch jene Menge eines Rohstoffs, der nicht wirtschaftlich oder mit der vorhandenen Technik abgebaut werden kann.
Unter Energiereserven versteht man jene Menge eines Rohstoffes, der mit verfügbaren Technologien (wirtschaftlich) abbaubar ist. Die Angabe von Energiereserven ist daher einem ständigen Wandel unterworfen, da sich einerseits die technischen Möglichkeiten und andererseits die wirtschaftlichen Voraussetzungen für eine Gewinnung ändern.

Größenordnungen von Energiequellen

Die Sonne ist mit Abstand der größte Energielieferant für die Erde. Die Strahlungsleistung auf die Erdatmosphäre beträgt 1367 W/m². Dieser Wert wird auch als Solarkonstante bezeichnet. Auf die gesamte Erdatmosphäre fällt eine Strahlungsleistung von 172 PW. Das bedeutet, dass die Erde pro Jahr eine Energiemenge von $1{,}5 \cdot 10^{18}$ kWh von der Sonne erhält. In Abbildung 2 veranschaulicht die gelbe Kugel diese riesige Energiemenge.

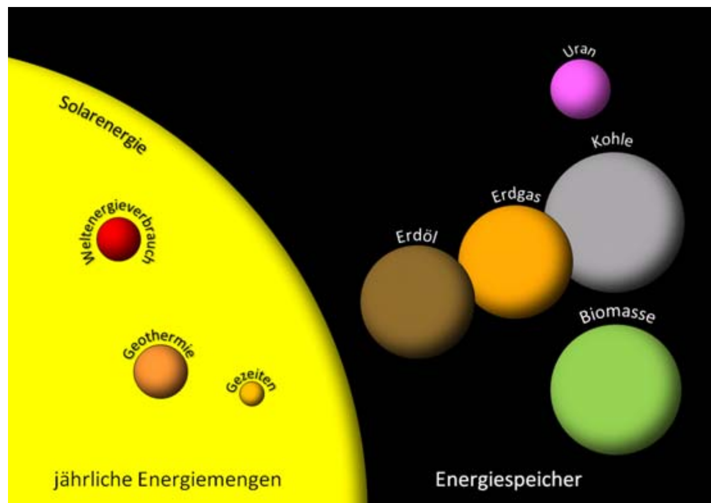
Die Geothermische Energie ist ein Wärmestrom aus dem Erdinneren. Dieser wird durch das Temperaturgefälle zwischen dem Erdkern mit ca. 6000 °C und der kühleren Erdoberfläche (ca. 15°C) verursacht. Die Wärmestromdichte an der Erdoberfläche beträgt ca. 65 mW/m². Der Gradient beträgt im Mittel 3 K/100 m, kann an speziellen Punkten der Erdoberfläche aber auch wesentlich größer sein.

Für die gesamte Erdoberfläche bedeutet das eine Wärmeleistung von 32 TW, bzw. eine Wärmemenge von $280 \cdot 10^{12}$ kWh pro Jahr, die an der Erdoberfläche ankommt. Diese jährliche geothermische Wärmemenge ist in Abbildung 2 ebenfalls dargestellt.

Die Gezeitenenergie spielt größenordnungsmäßig - im Vergleich zur Solarenergie - eine untergeordnete Rolle. Die Massen-Anziehungskraft des Mondes verursacht die Wasserwulsten, unter denen sich die Erde durchdreht. Die Wasserwulsten wirken aber wie Bremsbacken auf die rotierende Erde und bremsen ihre Rotation ab. Die Energie, die in den Gezeiten steckt, entstammt der Rotationsenergie der Erde. Die Rotationsenergie der Erde um ihre eigene Achse beträgt $7\ 10^{22}$ kWh. Jährlich verliert diese Rotation eine Energiemenge von 2,7·1015 kWh, welche den Gezeiten zugeführt wird. Dies entspricht einer Leistung von ca. 3 TW. Auch diese jährliche Gezeitenenergie ist in Abbildung 2 dargestellt.

Im Vergleich zum Weltenergieverbrauch ist die Energie von der Sonne 10.000 mal so groß („Die Sonne liefert in weniger als 1 h soviel Energie, wie die Menschheit im Jahr benötigt“), die geothermische

Energie ist ca. doppelt so groß wie der Weltenergieverbrauch, die Gezeitenenergie beträgt ca. 1/6 des Weltenergieverbrauchs.



	Energie in PWh
Jährliche Sonnenenergie	$1{,}5 \cdot 10^6$
Jährliche Erdwärme	280[3)]
Jährliche Gezeitenenergie	26
Erdölressourcen	2772[1)]
Erdgasressourcen	1647[1)]
Kohleressourcen	5014[1)]
Uranressourcen	420[2)]
Gesamte Biomasse auf Erdoberfläche	4000
Jährlicher Weltenergieverbrauch	158

Abbildung 2: Größenordnung von Energiequellen; eigene Darstellung; [1)] Quelle: BP Statistical Review of World Energy 2016; [2)] Dietrich Pelte, Die Zukunft unserer Energieversorgung, 2010 [3)] Thomas J. Ahrens: Global Earth Physics. American Geophysical Union, 1995

Abbildung 2 zeigt auch deutlich, wie endlich die fossilen Energieträger sind: Wenn man zum Beispiel den gesamten Weltenergieverbrauch mit Erdöl decken würde, wären rein rechnerisch in maximal 18 Jahren alle Ölreserven aufgebraucht, Kohle würd etwa doppelt so lange reichen. Die Uranvorräte hingegen würden nur für drei Jahre den gesamten Weltenergieverbrauch decken. Kernenergie kann daher, abgesehen von den Risiken für die Umwelt, allein durch die Begrenztheit der Vorkommen keine dauerhafte Lösung für die Deckung des Weltenergiebedarfs darstellen.

Energiesituation der Welt

Der weltweite Primärenergieverbrauch wird von der internationalen Energieagentur (IEA) für 2017 mit 13.647 Mtoe (Millionen Tonnen Rohöleinheiten) angegeben. Dies entspricht ca. 570 Exajoule oder 158.000 TWh. Diese Energiemenge berücksichtigt in der Regel nur jene Energieträger, die auf Märkten gehandelt werden. Der allergrößte Teil der jährlichen Solareinstrahlung (siehe oben), die Nutzung von traditioneller Biomasse (insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern) und andere erneuerbare Energien, die nicht vermarktet werden, sind hier nicht inkludiert.

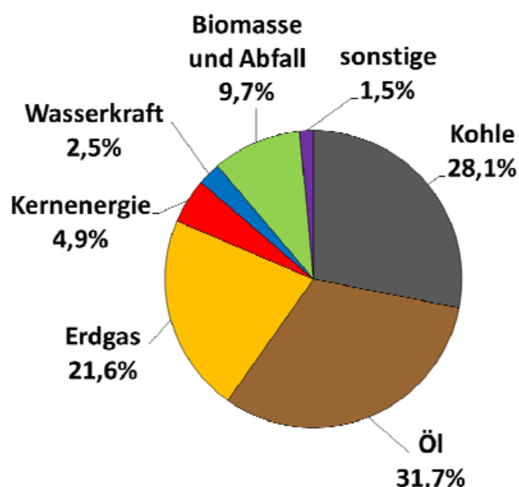


Abbildung 3: Zusammensetzung der Energieträger des weltweiten Primärenergieverbrauchs. Datenquelle: IEA, Key World 2017; [1]

Im Jahre 2017 wurden ca. 32% des Weltenergieverbrauchs durch Erdöl gedeckt, ca. 28 % durch Kohle und 22 % durch Erdgas. Ca. 5% des Weltenergieverbrauchs stammen aus Kernenergie. Die Erneuerbaren einschließlich der Abfallverwertung machen lediglich 13,7% aus.

Somit wird der Weltenergieverbrauch zu rund 82% mit fossilen Energieträgern gedeckt, wie in nebenstehender Abbildung zu sehen ist.

Abbildung 4 zeigt die zeitliche Entwicklung des Weltenergieverbrauchs von 1965 bis 2015: dieser stieg kontinuierlich an und hat sich in diesem Zeitraum mehr als verdreifacht. Die Internationale Energieagentur sieht den Weltenergiebedarf weiterhin im Steigen und geht von einem Zuwachs von 30 Prozent bis ins Jahr 2040 aus. Die stärksten Wachstumsraten werden zwar bei erneuerbaren Energien erwartet, dennoch werden auch die anderen Energieträger – fossile und nukleare – weiterhin zunehmen. (vgl. IEA- World Energy Outlook 2016 – Executive Summary; [2])

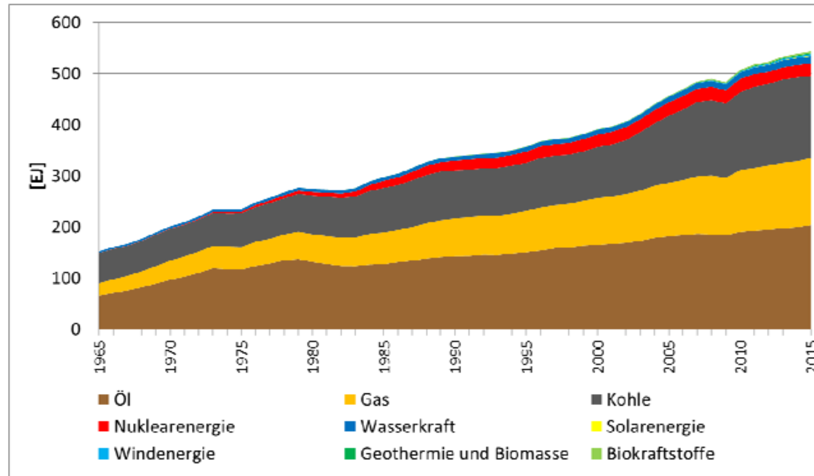


Abbildung 4: Entwicklung des Weltenergieverbrauchs 1965 bis 2015 Jahren. Datenquelle: BP Statistical Review of World Energy 2016

Weltweiter Stromverbrauch

Ca. 1/3 des Welt-Primärenergieeinsatzes wird für die Stromerzeugung verwendet, das sind ca. 50.000 TWh. Dieser setzt sich zu 2/3 aus den fossilen Energieträgern (Kohle, Erdgas, Erdöl) zusammen und zu 11% aus Kernenergie. Nur 23 % der weltweiten elektrischen Energieerzeugung kommen aus Wasser- und Windkraft, Photovoltaik, Biomasse oder Abfällen (siehe Abbildung 5).
Die Stromerzeugung aus Windenergie hat sich in den letzten 10 Jahren mehr als verzehnfacht und trägt weltweit gesehen mit ca. 3,5 % zur Stromerzeugung bei.

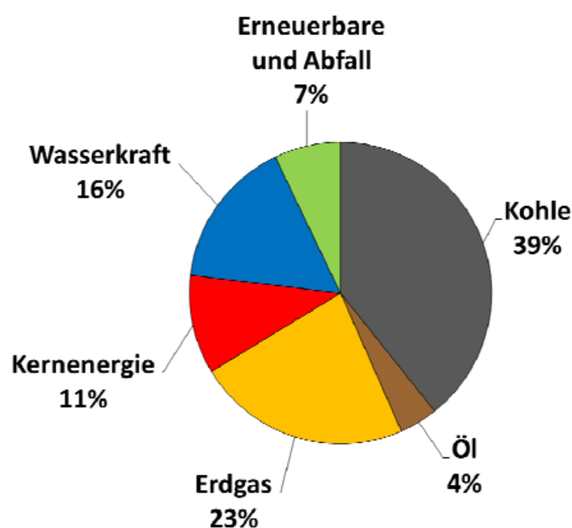


Abbildung 5: Zusammensetzung der Energieträger für die weltweite Stromerzeugung. Eigene Grafik, Datenquelle: IEA, Key World 2017; [1]

Während die Wasserkraft zum Großteil zur Stromproduktion verwendet wird, wird mit Kernenergie sowohl Strom, als auch die Abwärme (z.B. Prozesswärme) genutzt. Aus diesem Grund dreht sich in der folgenden Abbildung 5 im Vergleich zur Abbildung 3 das Verhältnis um und der Anteil der Wasserkraft ist höher, als der der Kernenergie.
Die weltweite Nettostromerzeugung 2017 betrug 24.255 TWh, das sind 87.000 PJ und 16% des Primärenergieeinsatzes, die Verlustgrößen im Vergleich zur eingesetzten Primärenergie sind enorm. **2/3 der Stromerzeugung kommen aus fossilen Energieträgern (Kohle, Öl und Gas), weitere 11% aus Kernenergie.**

Energieverbrauch pro Person

Interessant ist die Frage wer in der Welt wie viel Energie verbraucht. Der weltweite durchschnittliche pro Kopf Energiekonsum betrug im Jahr 2014 ca. 21.000 kWh je Person. Wie die folgenden Abbildungen deutlich zeigen, ist aber der Energieverbrauch pro Kopf in einzelnen Ländern, aber auch je Kontinent sehr unterschiedlich verteilt:

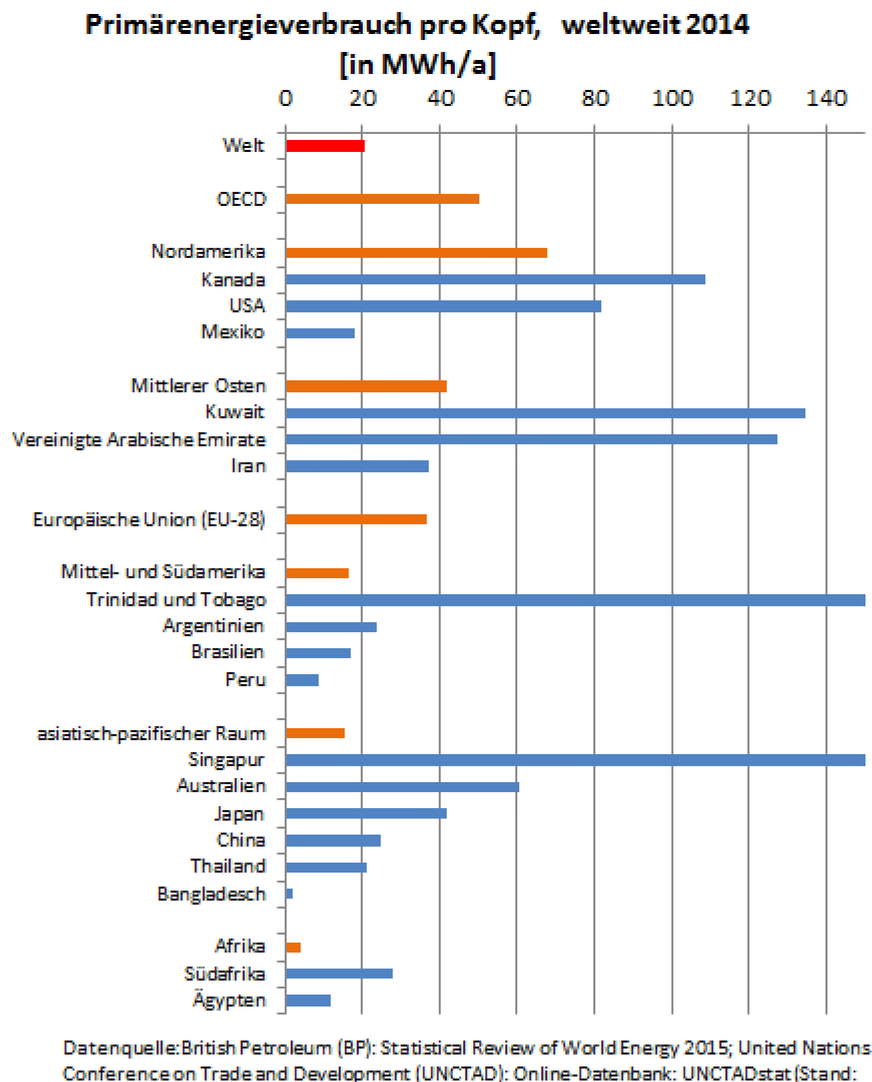


Abbildung 6: Primärenergieverbrauch pro Kopf, Europa und Welt; eigene Darstellung, Datenquelle: British Petroleum (BP): Statistical Review of World Energy 2015; (Stand: August 2015)

Eine Person eines nordamerikanischen Landes verbraucht im Schnitt ca. 67.000 kWh und Jahr, im Mittleren Osten waren es ca. 41.000 kWh/Person und Jahr, in der Europäischen Union ca. 36.000 kWh/Person und Jahr, in Mittel- und Südamerika ca. 16.000 kWh/Person und Jahr, im asiatischen Raum ca. 15.000 kWh/Person und Jahr und eine Person in Afrika verbrauchte ca. 4.000 kWh im Jahr, also rund 17-mal weniger, als eine Person in einem nordamerikanischen Staat.

Der weltweite Durchschnitt ist also nur deshalb so niedrig, weil vor allem in Afrika, Südamerika und im asiatischen Raum der Energiekonsum noch weit unter dem Durchschnitt der hoch industrialisierten Länder liegt.

Der Pro-Kopf Energieverbrauch in der Europäischen Union war 2014 ca. 36.000 kWh im Jahr. Untenstehende Abbildung zeigt die EU Staaten im Vergleich. Österreich liegt dabei im oberen Drittel und mit ca. 45.000 kWh/Person und Jahr deutlich über dem Durchscnitt:

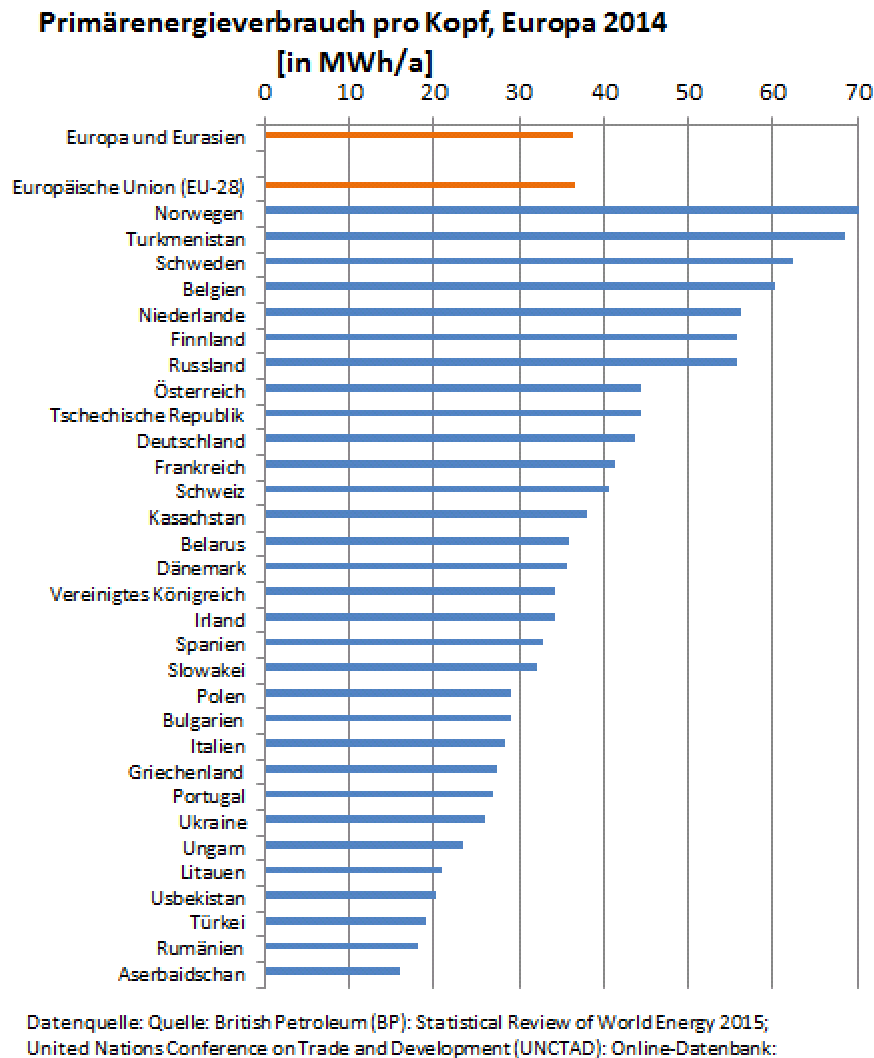


Abbildung 7:Primärenergieverbrauch pro Kopf, Europa und Welt; eigene Darstellung, Datenquelle: British Petroleum (BP): Statistical Review of World Energy 2015; (Stand: August 2015)

Energiebedarf eines Menschen pro Tag

Der österreichische Pro-Kopf-Primärenergieverbrauch lag 2016 bei 125 kWh täglich, der tägliche Endenergieverbrauch bei ca. 98 kWh bei einer Bevölkerungszahl von 8.739.806 Personen.

Im österreichischen Durchschnitt benötigt heutzutage eine Person pro Tag ca. 34 kWh für die private Nutzung (Heizung, WW, Strom, Individualverkehr) an Endenergie. Die übrigen mehr als 64 kWh pro Person und Tag fallen vorgelagert in den anderen Sektoren wie Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe, Dienstleistungen und Transport an.

Eine erwachsene Person nimmt täglich ca. 4 kWh in Form von Nahrung zu sich. Auf ein Jahr hochgerechnet ist das ein Energiebedarf von rund 1500 kWh. 0,5 kWh kann ein Mensch am Tag mechanische Muskelarbeit verrichten, also rund 180 kWh im Jahr. Diese Zahlen nehmen sich im Vergleich zum Energiebedarf, den unsere moderne Lebensweise mit sich bringt sehr bescheiden aus.

Energiesituation in Österreich

Das österreichische Energieflussdiagramm 2016 gibt einen guten Überblick über die wesentlichen Energieflüsse der verschiedenen Energieträger und deren Umwandlungsketten einschließlich der Verwendung in den Sektoren.
Der Leserlichkeit halber wurde das Diagramm geteilt. Die untenstehende Grafik zeigt den linken Teil des Energieflussdiagramms, das sich mit dem Energieaufkommen und der Energieumwandlung beschäftigt. Auf der linken Seite sind der Import und die inländische Erzeugung von Rohenergie dargestellt.

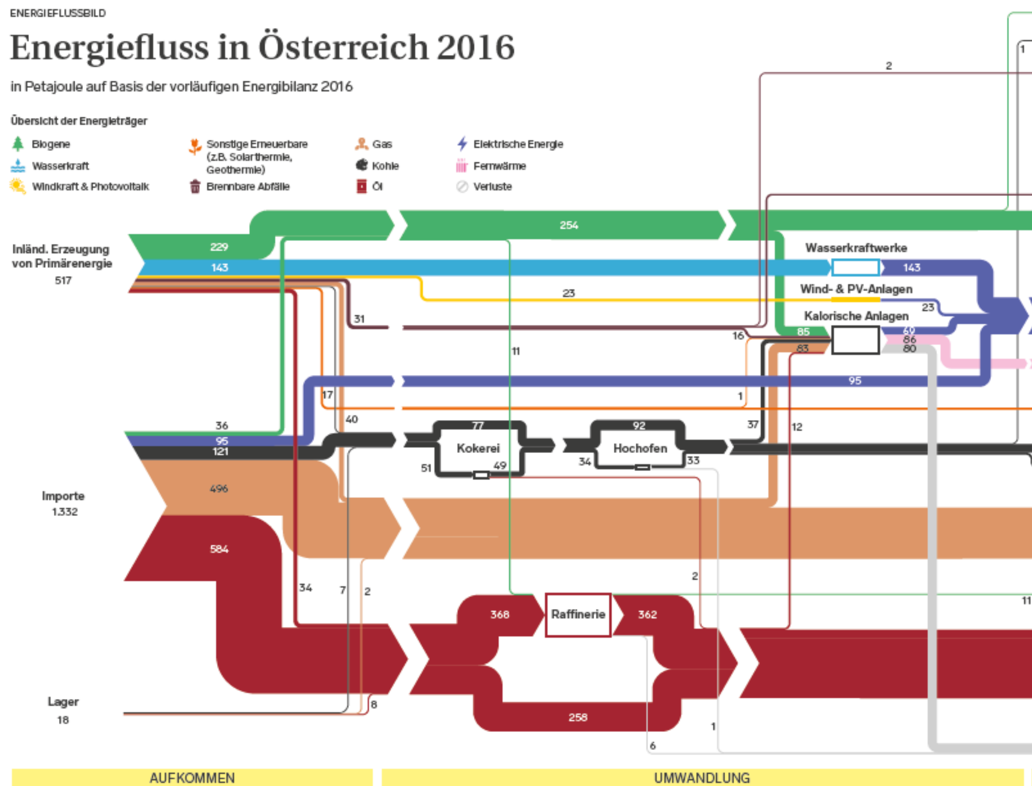


Abbildung 8: Energieflussbild Österreich, 2016, Quelle: Energie in Österreich; bmwfw, 2017 [3] linker Teil

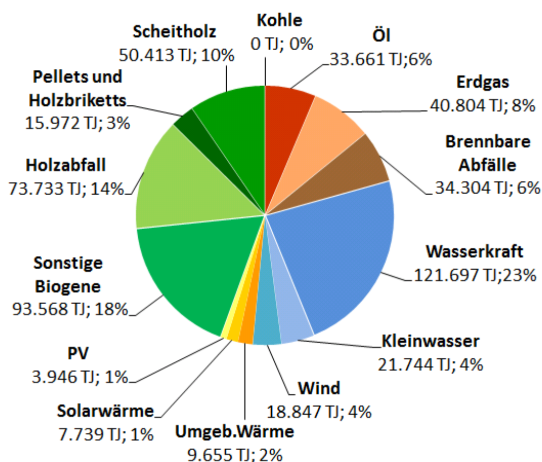


Abbildung 9 : Struktur der inländischen Primärenergieerzeugung 2015; Datenquelle: Statisik Austria, eigene Darstellung

Die Inlandserzeugung betrug 2015 rund 526 PJ, davon waren 80 % erneuerbare Energieträger. Diese teilen sich auf in: 27 % Wasserkraft, 53 % sonstige erneuerbare Energien (Biomasse, Wind, Solarwärme, PV, Umgebungswärme), 14 % fossile Energieträger; 6 % brennbare Abfälle. Sichere Vorkommen fossiler Energieträger sind rückläufig. Die Erneuerbaren Energien legen zu. Trotzdem kann sich Österreich bei realistischer Betrachtung maximal zu einem Drittel bei gleichbleibendem Energiebedarf selber versorgen.

Rechter Teil des Energieflussdiagramms Österreich 2016 mit der Energieverwendung und den Energieverlusten. In den Kreisen ist der Endenergieverbrauch nach Sektoren aufgeschlüsselt:

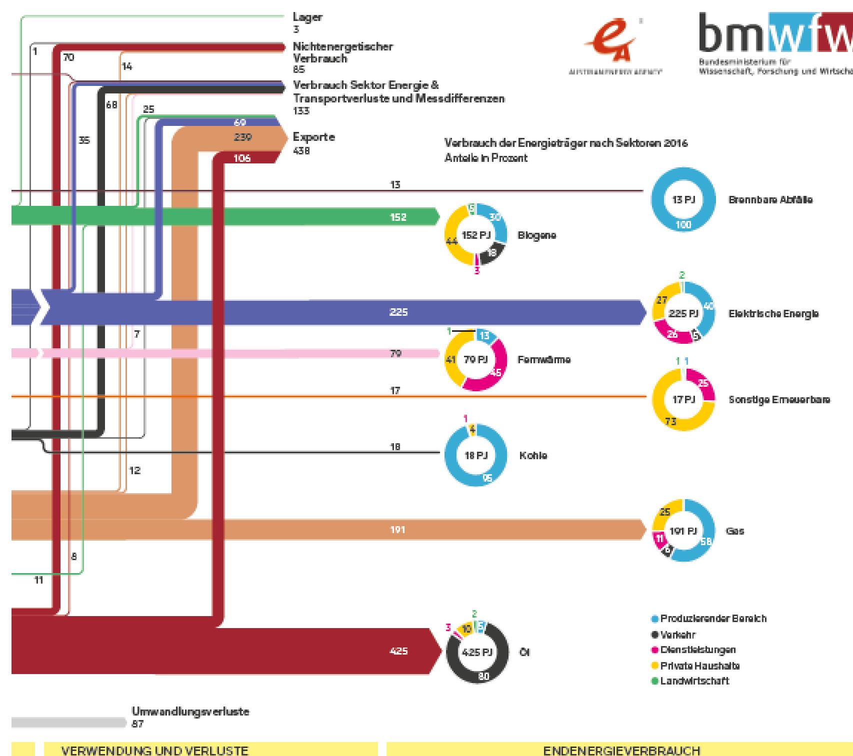


Abbildung 10: Energieflussbild Österreich, 2016; Quelle: Energie in Österreich; bmwfw, 2017; rechter Teil

Die Verluste durch Umwandlung summieren sich auf 220 PJ. 438 PJ an Gas, Öl und Strom werden exportiert. Auffallend ist, dass der Verbrauch an Erdöl zu einem Großteil, nämlich zu rund 80% für die Mobilität aufgewendet wird. Bei den fossilen Energieträgern sind der produzierende Bereich stark vertreten. Die Haushalte konsumieren bereits einen hohen Anteil an erneuerbaren Energien.

Importe und Exporte

Im Jahr 2016 wurden in Österreich insgesamt etwa 1300 PJ an Energieträgern importiert, ca. 500 PJ Energie im Inland produziert und etwa 400 PJ Energie exportiert. Daraus folgt ein Netto-Energie-Import von ca. 900 PJ und eine Abhängigkeit von Energieimporten von ca. 2/3. Abbildung 11 zeigt die Energieimporte und -exporte, aufgeschlüsselt nach Energieträgern.

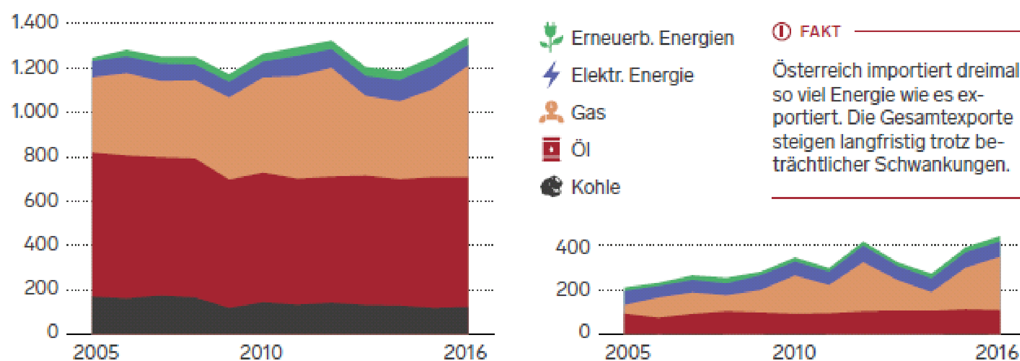


Abbildung 11: Österreichische jährliche Energieimporte und -exporte, Quelle: Energie in Österreich; bmwfw, 2017 [3]

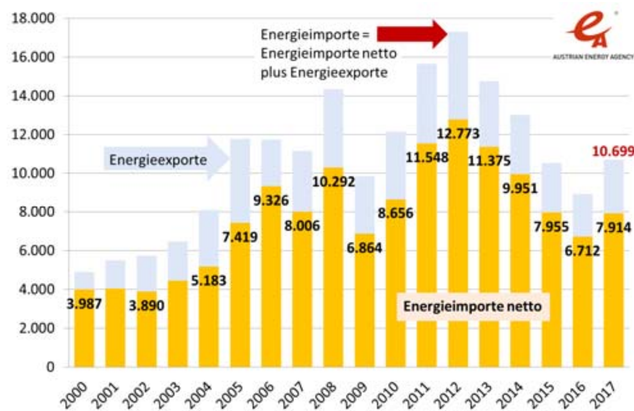


Abbildung 12: Handelsbilanz der Jahre 2000 bis 2017 in Mio. Euro. Darstellung und Berechnung: Österreichische Energieagentur

Die Ausgaben für Energieimporte betrugen im Jahr 2017 rund 10,7 Mrd. € und die Erlöse aus den Exporten 2,8 Mrd. €. Somit wurden 7,9 Mrd. € für den Energiehandel ausgegeben.
Zum Vergleich:

- Energieimporte betrugen 7% der Warenimporte, die Energieexporte 2% der gesamten Exporte.
- Netto-Ausgaben von 8 Mrd. Euro bedeuten, dass jede Einwohnerin, jeder Einwohner 1000 € für Energieimporte ausgegeben hat.
- Der im Tourismus erwirtschaftete Handelsüberschuss betrug 8,8 Mrd. Euro.

Auf die Österreichische Handelsbilanz haben diese Energieimporte maßgeblichen Einfluss: 2017 betrug das Handelsdefizit 5,7 Mrd. Euro, wenn die Netto-Energieimporte nicht notwendig gewesen wären, hätte Österreich einen Handelsüberschuss erzielt.

Bruttoinlandsverbrauch

Der Bruttoinlandsverbrauch (BIV) Österreichs betrug 2015 etwa 1.409 PJ. Von 1970 bis 2005 gab es eine steigende Tendenz von durchschnittlich 2-3 % pro Jahr. Seit 2005 ist der Bruttoinlandsverbrauch weitgehend stabil. Wie Abbildung 13 zeigt ist der Anteil der fossilen Energieträger zurückgegangen, während der Anteil an erneuerbaren Energieträger zugenommen hat. 2016 wurde der Bruttoinlandsverbrauch zu ca. 63% von Netto-Importen (Import-Export) gedeckt, 37 % stammen aus der inländischen Rohenergieerzeugung.

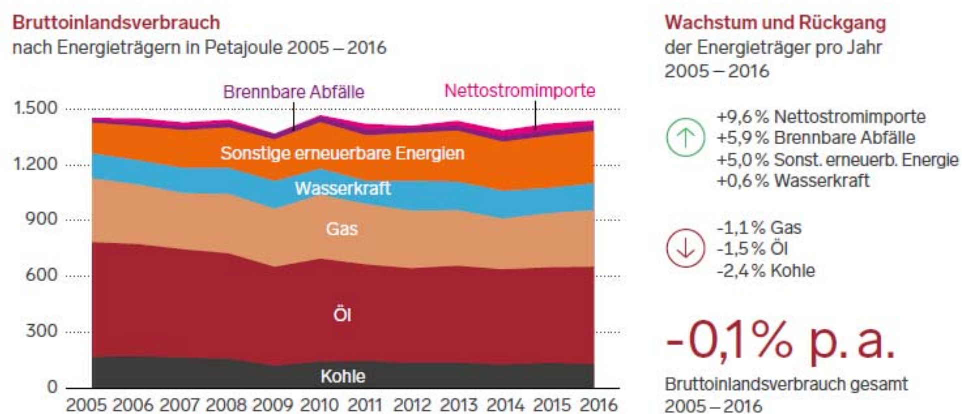


Abbildung 13: Bruttoinlandsverbrauch aufgeschlüsselt nach Energieträgern in PJ; Quelle: Energie in Österreich; bmwfw 2017; [3]

Energetischer Endenergieverbrauch

Der energetische Endenergieverbrauch hat sich zwischen 1970 bis 2005 verdoppelt. Seit 2005 ist er weitgehend stabil geblieben, dies ist v.a. darauf zurückzuführen, dass in den Verbrauchskategorien "Dienstleistungen", "private Haushalte" und "Landwirtschaft" der Energieverbrauch stagniert bzw. sogar abgenommen hat. Der energetische Endenergieverbrauch im Bereich Verkehr und Produzierender Bereich nimmt seit 1970 kontinuierlich zu. Der Endenergieverbrauch Österreichs betrug 2015 etwa 1.087 PJ.
Die zwei Nutzenergiekategorien, die am meisten Endenergie benötigten, waren mit 36% die "Traktion" (Mobilität) und mit 28% "Raumheizung und Klimaanlagen".

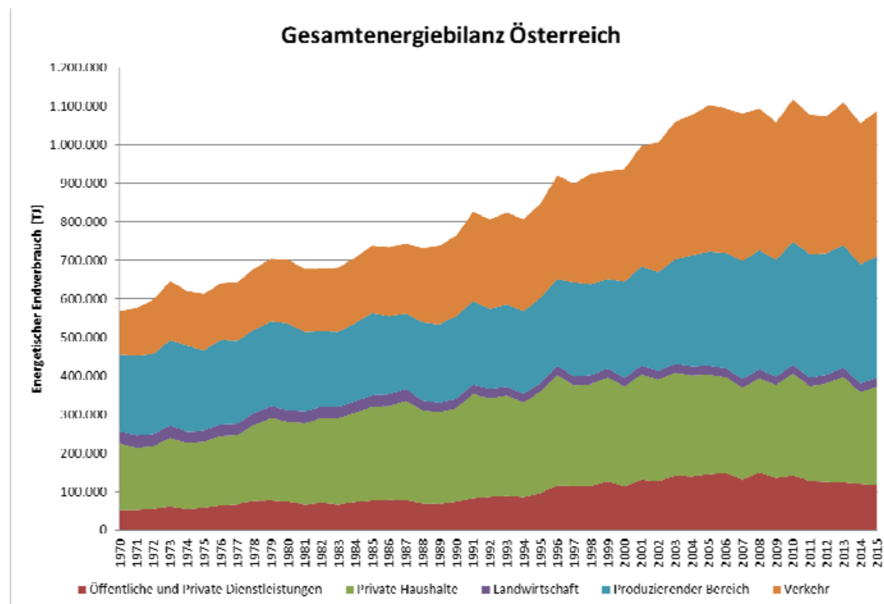


Abbildung 14: Endenergieverbrauch Österreich nach Sektoren; Eigene Grafik, Datenquelle: Statistik Austria, 2016.

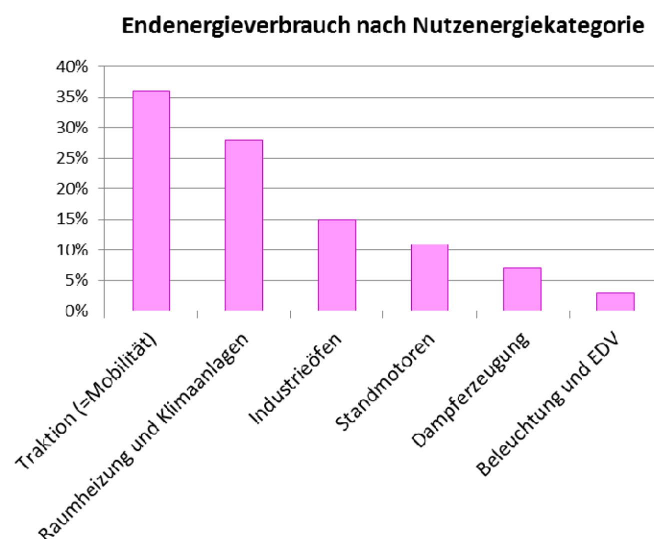


Abbildung 15: Endenergieverbrauch 2015 nach Nutzenergiekategorien in Österreich; Eigene Grafik, Datenquelle: Statistik Austria, 2016.

Energiebedarf eines Haushaltes

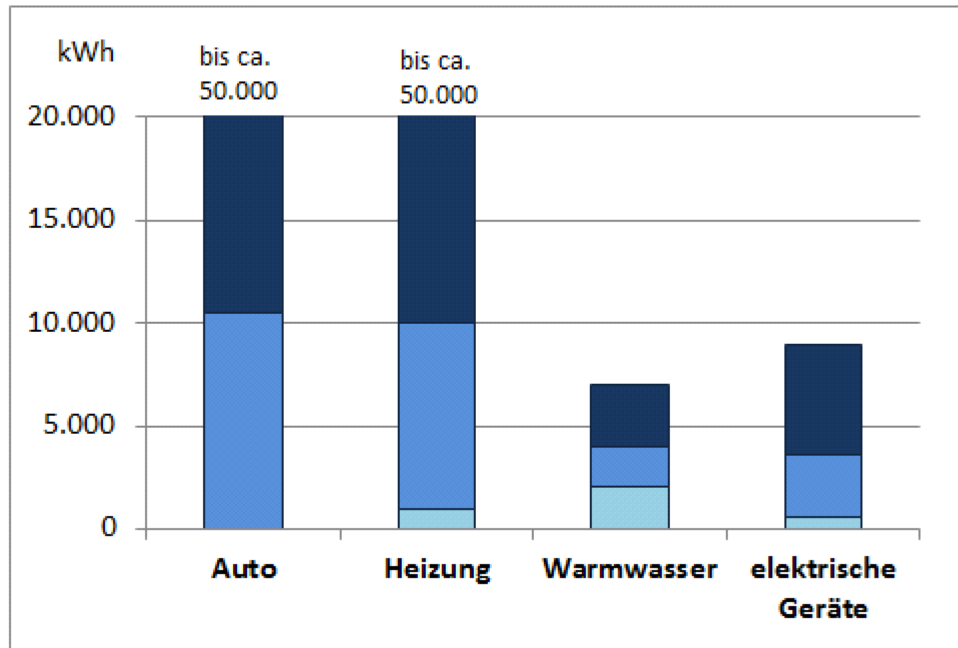


Abbildung 16: Energiebedarf eines fikitven Haushalts, farbliche Abstufung: geringer/mittlerer/hoher Verbrauch; Quelle: eigene Berechnungen, eigene Darstellung

Die Berechnung der obenstehenden Grafik beruht auf folgenden Angaben:

- Auto:
  15.000 km pro Jahr, 7 l pro 100 km = 1050 Liter; entspricht ca. 10.500 kWh
- Warmwasser:
  Ein durchschnittlicher 4-Personen-Haushalt: 2 kWh täglich pro Person = 4*2*360 = ca. 2900 kWh pro Jahr Nutzenergie. Für die Verteilverluste können noch zusätzlich 30 % bis 150 % angesetzt werden, je nach Warmwasserverbrauch, Rohrlänge, Einsatz einer Zirkulationspumpe. Hier werden für eine Durchschnittsverbrauch 4000 kWh Endenergie angenommen.
- Heizung:
  1.000 bis 50.000 kWh im Einfamilienhaus, abhängig von der Qualität der Gebäudehülle, Größe und Form des Gebäudes und der Effizienz des Heizsystems.
- Elektrische Geräte:
  2016 benötigte ein durchschnittlicher Haushalt 3.585 kWh an elektrischer Energie, wobei in dieser Zahl die WW-Bereitung und Stromheizungen miteingeschlossen sind [5]. Ein sparsamer Verbrauch kann unter 600 kWh sein, hoher Verbrauch bis über 9.000 kWh reichen. Großes Einsparungspotential liegt in sparsamem Nutzerverhalten, vermindertem Stand-by Verbrauch und energiesparenden Haushaltsgeräten.

Bei der Betrachtung des Endenergieverbrauchs eines Haushaltes wird oft der Verbrauch für die private Mobilität nicht berücksichtigt. Aus der Grafik ist ersichtlich, dass jedoch dieser Sektor einen beträchtlichen Teil des Gesamtenergiebedarfs eines Haushaltes ausmachen kann. Im modernen Einfamilienhaus in Niedrigenergie- oder Passivhausbauweise kann der Energieverbrauch für die Mobilität den Energieverbrauch für die Raumwärme und Warmwasser deutlich übersteigen. Ein Passivhaus ohne öffentliche Verkehrsanbindung und ohne Infrastruktur kann in Summe gesehen einen höheren Energieverbrauch verursachen, als ein durchschnittlich gedämmtes Gebäude im Baulandkerngebiet mit guter Infrastruktur.

Der Gesamtenergieverbrauch hängt auch von Lebensstil und dem damit zusammenhängenden NutzerInnenverhalten ab und beeinflusst den Ressourcenverbrauch sowie den Energieeinsatz für Produktion und Transport. Zum Beispiel verursachen Internetbestellungen einen Energieverbrauch durch Verpackung, Versand und Anlieferung. Bei Bekleidungsartikeln beträgt der Rückversand 50%.

Die Energieumwandlungskette

Die Energieumwandlungskette von der Primärenergie bis zur Nutzung von Energie steht in folgendem Zusammenhang:

Primärenergie (=> Sekundärenergie) => Endenergie => Nutzenergie

- **Primärenergie** = der in der Natur vorliegende Energieträger
  wird durch Verarbeitung zur **Sekundärenergie**
- **Endenergie** = Energieform, die angeliefert wird → Energiekosten; wird durch Umwandlung zur
- **Nutzenergie** = Energieform die benötigt und erzeugt wird

Endenergie * η = Nutzenergie

η (eta) = Nutzungsgrad bei der Energieumwandlung von End- zu Nutzenergie

Beispiele von Energieumwandlungsketten zur Erzeugung von: Antriebsenergie, Wärme, Licht







Am Ende der Energieumwandlungskette steht die

- **Energiedienstleistung** = Bedürfnis der Nutzer. Eine Dienstleistung, die durch den Einsatz von Energie in Anspruch genommen werden kann

Reduzierung des Energieverbrauchs durch:

1. **Weniger Nutzenergie benötigen durch: NutzerInnen-Verhaltens z.B. Reduzierung der Ansprüche, sparsamer Gebrauch, Konsumverzicht ...und durch sparsame Gebäude, Geräte**
2. **Durch Verringerung der Verluste (Effizienzsteigerung, Wartung, Grundeinstellungen, …) folgt**
3. **Reduktion der Endenergiemenge**
4. **Endenergiemenge möglichst durch erneuerbare, ökologisch erzeugte Energie decken, dadurch vermindert sich der Primärenergieverbrauch**

Energiedienstleistung

Am Ende jeder Energieumwandlungskette steht die Nutzung der Energie, genauer gesagt die Erfüllung eines (Energie-)Bedürfnisses. Die von der Verbraucherin bzw. dem Verbraucher nachgefragte Dienstleistung, die auf Basis von Energie bereitgestellt wird z.B. warmer Raum, kühles Bier, beleuchteter Raum, heißes Wasser, … nennt man Energiedienstleistung.
Energiesparen beginnt bei der Bereitstellung der Energiedienstleistung:
Gleicher Nutzen kann auch ohne bzw. mit stark reduziertem Energieeinsatz erfüllt werden:

- **Tageslichtnutzung anstatt künstliche Beleuchtung**
- **Kaltes Bier vom-Keller anstatt vom Kühlschrank**
- **Sommerliche Überhitzung durch bauliche Maßnahmen verhindern, anstatt zu klimatisieren**
- **Zu Fuß, mit dem Rad oder den öffentlichen Verkehrsmitteln fahren, anstatt das Auto zu benutzen; Erholung vor Ort anstatt weite Fahrten oder Flugreisen**
- **Konsum von Gütern reduzieren; leihen statt kaufen; reparieren statt wegwerfen …**
- **Verschwendung stoppen: weniger hohe Raumtemperaturen, frische Luft durch richtiges Lüften anstatt gekippter Fenster, …**

Beispiel: heißer Kaffee
durch a) kontinuierliche Wärmezufuhr unter der Glaskanne durch eine Elektroheizplatte oder b) einmal aufgeheizt und gut wärmegedämmt in der Thermoskanne!



Beispiel: 7 kg Wäsche trocknen durch
a) Wäschetrockner (Energieeffizienzklasse A+++ bis B) oder b) durch Aufhängen auf eine Wäscheleine im Freien!



Wie an den Beispielen gut zu sehen ist, kann das gleiche Bedürfnis, die gleiche Dienstleistung, mit hohem oder geringem Energieaufwand erfüllt werden.
Dem Verhalten der NutzerInnen kommt dabei eine entscheidende Bedeutung zu!

NutzerInnenverhalten

Das NutzerInnenverhalten hat einen erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch, also dem tatsächlich messbaren Energieeinsatz, insbesondere in den Bereichen Raumwärme, Stromanwendungen und Wasserverbrauch. Für eine ganzheitliche Betrachtung sind aber auch die Themen Sommertauglichkeit/Klimatisierung, Siedlungsstrukturen, Mobilität (Infrastruktur, Länge der Wege und wie sie zurückgelegt werden etc.), Beschaffung, Einsatz grauer Energien u.a.m. zu beachten.

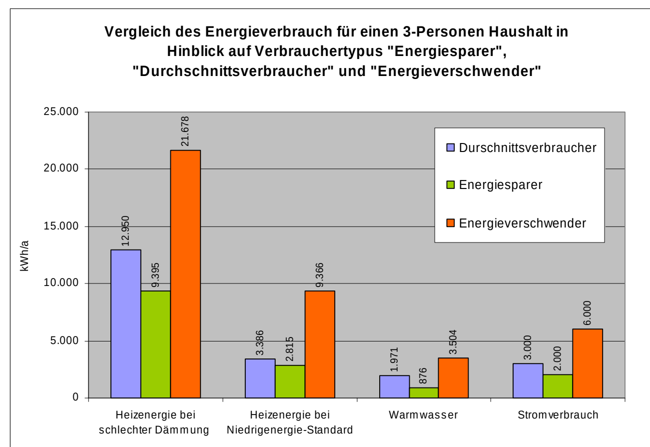


Abbildung 17: Vergleich des Energieverbrauchs für Raumwärme, Wasser und Strom im Hinblick auf Verbrauchertypen [6]

Unter Energiebedarf versteht man einen rechnerischen Verbrauchswert für Energie wie er beispielsweise im Energiestandard für Gebäude beschrieben wird. Der Energiestandard eines Gebäudes definiert, wie hoch der rechnerische Energiebedarf pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr ist. Generell wird ein bestimmter Energiestandard durch bauliche Maßnahmen und Haustechnik erreicht. Das NutzerInnenverhalten hat keinen Einfluss auf den Standard, beeinflusst aber den tatsächlichen Verbrauch maßgeblich [7].

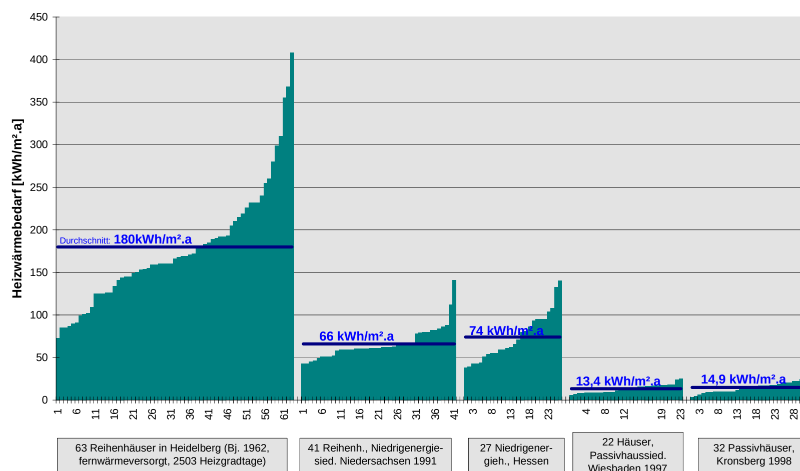


Abbildung 18: Energieverbrauch in Reihenhausanlagen, Gegenüberstellung Heizwärmebedarf der Häuser und tatsächlicher Heizwärmverbrauch der einzelnen Häusern in einer typischen Verteilung; Quelle unbekannt

Energieverbrauch ist also nicht gleich Energiebedarf! Diese beiden Größen können sehr weit auseinanderklaffen, wie obenstehende Abbildung anhand dem Energieverbrauch in Reihenhaussiedlungen deutlich zeigt.

Die einzelnen Häuser in einer Siedlung haben alle die gleiche Energiekennzahl, trotzdem schwankt der Energieverbrauch von 50 bis 200 %, alleine durch das BenutzerInnenverhalten.
Diese charakteristische Verteilung zeigt sich in allen Reihenhaussiedlungen: es gibt sparsame BewohnerInnen und VerschwenderInnen.

Wenn der Energieverbrauch nachhaltig reduziert werden soll, muss auf allen Ebenen angesetzt werden:

- Wohnortwahl, intelligente Siedlungsstruktur, Infrastruktur und Mobilität:
  fußläufige Erreichbarkeit von Einrichtungen zur Versorgung des täglichen Bedarfs; Anschluss an den öffentlichen Nahverkehr zur Erreichbarkeit von Schulen, Arbeitsstätten und Behörden, etc.
- Planung und Ausführung hoher Energiestandards bei Neubau und Sanierung von Gebäuden.
  Bei Gebäuden mit geringem Heizwärmebedarf ist der Heizenergieverbrauch der unachtsamsten BewohnerInnen noch gering gegenüber einem Gebäude mit hohem Heizwärmebedarf.
- Effiziente Warmwasserbereitung
- Einsatz effizienter Geräte und Technologien
- **Im NutzerInnenverhalten liegt großes Potential, das durch Aufklärungsarbeit erschlossen werden kann.**

Energieeinsparungen sind nicht zwingend mit großen Investitionen verbunden. Mit einfachen organisatorischen Maßnahmen oder einem geänderten NutzerInnenverhalten kann bereits eine große Wirkung erzielt werden. Grundlage für mögliche Energieeinsparungen sind Information und Motivation aller Beteiligten. GebäudenutzerInnen und Verwaltung müssen gemeinsam an einem effizienten Umgang mit Energie arbeiten [9]

Beispiele für Einsparpotenziale durch NutzerInnenverhalten [10]

im Bereich Raumwärme:

• Heizkörper frei halten	bis zu 30%
• Richtig lüften (Stoßlüften statt Dauerlüften)	bis zu 30%
• Absenkung der Raumtemperatur	6% pro 1°C
• Regelmäßige Wartung der Heizungsanlage	bis zu 5%
• Heizkörper entlüften	bis zu 5%
• Energiebuchhaltung	

im Bereich Strom:

• Standby-Verbrauch vermeiden	bis zu 10%
• Effiziente Nutzung von Geräten	bis zu 20%
• Effiziente Nutzung von Beleuchtungskörpern	bis zu 20%
• Kühl/Gefrierschranktemperatur erhöhen/senken	bis zu 2%
• Energiebuchhaltung	

im Bereich Warmwasser:

• Absenkung der Wassertemperatur	bis zu 5%
• Wassersparende Armaturen einbauen	bis zu 30%
• 5‘ duschen statt Baden	bis zu 60%
• Energiebuchhaltung	

Verhaltensänderungen gehen nicht zwingend mit Komfortverlusten einher – ganz im Gegenteil: Viele Verhaltensänderungen haben sogar Komfortgewinne oder eine Qualitätssteigerung zur Folge. So wird zum Beispiel

- das Raumklima durch richtiges Lüften verbessert, mögliche Schimmelbildung vermieden und gleichzeitig Energie gespart.
- Effiziente Nutzung von Geräten/Beleuchtungskörpern bedeutet, diese nur einzuschalten, wenn man sie tatsächlich braucht. So kann z.B. ein temporärer Verzicht auf die Dauerberieselung durch Unterhaltungselektronik die Konzentration verbessern, mehr Zeit für Kommunikation mit seinen Lieben schaffen und gleichzeitig Energie und Geld sparen.
- Wir leben in einer schnellen, lauten und turbulenten Zeit. Unser Alltag ist gespickt mit Terminen, ständiger Erreichbarkeit, Stress und Lärm: Wie wär's zur Abwechslung mit „Digital Detox"? Durch eine digitale Entgiftungskur nimmt der Stress spürbar ab, Produktivität und Kreativität erhöhen sich, die Motivation steigt und wir sparen Energie.
- Kurze Strecken statt mit dem PKW zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückzulegen – das ist gut für Gesundheit und Umwelt und spart Geld.

Der Rebound-Effekt

Häufig können die durch Effizienzsteigerungen prognostizierten Kosten-, Energie- und CO_2-Einsparungen nicht erreicht werden. Das liegt oft am sogenannten **Rebound-Effekt**. Von einem Rebound-Effekt ist die Rede, wenn die Steigerung der Ressourcen-Effizienz nicht im vorgesehenen Maße zur Senkung des Ressourcenverbrauchs führt. Ein häufiger Grund dafür ist das NutzerInnenverhalten.

Arten von Rebound-Effekten [12]:

- **Direkte Rebound-Effekte:** Nach einer Effizienzsteigerung kann eine Mehrnachfrage nach dem effizienteren Produkt bzw. der effizienteren Dienstleistung auftreten.
  Beispiel: Weil eine LED weniger Energie als eine herkömmliche Glühbirne verbraucht, lasse ich sie sie länger brennen oder nehme zusätzliche Leuchten in Betrieb [13]
- **Indirekte Rebound-Effekte:** Nach einer Effizienzverbesserung kann die Nachfrage nach einer Ressource in Form von erhöhter Nachfrage nach anderen Produkten oder Dienstleistungen steigen, z.B., weil durch das effizientere Produkt finanzielle Mittel und somit Kaufkraft freigesetzt werden.
  Beispiel: Ich habe mein Auto abgeschafft und bin auf Fahrrad, Bus, Bahn und Car-Sharing umgestiegen. Am Jahresende habe ich ein deutliches Plus in der Haushaltskasse und kann mir eine zusätzliche Winter-Kurzreise mit dem Billigflieger leisten [13]
- **Gesamtwirtschaftliche Rebound-Effekte**: Aufgrund veränderter Nachfrage-, Produktions- und Verteilungsstrukturen infolge der Effizienzverbesserungen von Technologien kann eine vermehrte gesamtwirtschaftliche Nachfrage nach Ressourcen entstehen.

Tabelle 1: Verschiedene Arten von Rebound-Effekten am Beispiel effizienterer Autos

Direkter Rebound	Indirekter Rebound	Gesamtwirtschaftlicher Rebound
Sie erwerben ein Auto mit einem effizienteren Motor, entscheiden sich dabei aber für einen größeren Wagen oder nutzen Ihr effizienteres Auto mehr als das vorherige.	Da Sie nun ein effizienteres Auto fahren und dadurch reduzierte Treibstoffkosten bzw. CO_2-Emissionen haben, gönnen Sie sich im nächsten Urlaub eine Reise mit dem Flugzeug statt mit dem Zug oder Auto. +	Eine steigende Nachfrage nach effizienten Fahrzeugen führt zu Änderungen in der Produktions- und Nachfragestruktur. Dies kann beispielsweise zu sinkenden Treibstoffpreisen führen, was wiederum einen Nachfrageanstieg zur Folge haben kann.

Abbildung 19: Verschiedene Arten von Rebound-Effekten am Beispiel effizienter Autos; Quelle: Umweltbundesamt Deutschland [2016]

In Studien wurde weiters ein **psychologischer Rebound-Effekt** beobachtet: Wer erfolgreich in Energiesparmaßnahmen investiert hat, fühlt sich moralisch auf der richtigen Seite und hält es für gerechtfertigt, an anderer Stelle öfter "unökologisch" zu konsumieren.

> **Beispiel:** Ich habe viel Geld für ein Nullenergiehaus ausgegeben und habe nun einen minimalen häuslichen Energieverbrauch – und keine Gewissensbisse mehr, mir ein repräsentatives, spritfressendes Auto zuzulegen [13]

Höhe von direkten Rebound-Effekten nach Anwendungen im Haushalt:
Die Autoren Greening/Greene/Difiglio [2000] nennen in ihrer Studie "Energy efficiency and consumption - the rebound effect - a survey" folgende Zahlen für Rebound Effekte:

- Raumwärme 10-30%
- Klimatisierung 0-50%
- Warmwasserbereitung 10-40%
- Beleuchtung HH 5-12%
- PKW 10-30%

Aktuellere Metastudien liefern eine Übersicht und Auswertung von zahlreichen empirischen Einzeluntersuchungen [14]. Im Detail wiedersprechen sich die Studien zum Teil erheblich. Mit Vorsicht lassen sich für Industrieländer rund 10-30% direkte Rebound Effekte bei Endverbrauchern in den Sektoren Verkehr, Haushalt/Elektrogeräte, Gebäude extrapolieren, wobei es nach oben und unten Abweichungen gibt. Hinzu kommen indirekte und makro-ökonomische Rebound Effekte im Umfang von 5 bis 50% mit Spitzen in manchen Sektoren von 90% und Backfire (= Verbrauch ist hinterher größer als vor der Maßnahme) [15].

Um insbesondere indirekte Rebound-Effekte detaillierter erfassen zu können, sollten Haushalte ganzheitlich, also hinsichtlich aller Energieverbrauchsbereiche betrachtet werden.

Um differenzierte, der jeweiligen Situation angepasste Strategien bzw. Maßnahmen entwickeln zu können, sollte vermieden werden, praktisch alle Verfehlungen von Einsparzielen als „Rebound-Effekt" zu bezeichnen. Unterschieden werden könnte z.B. zwischen „individuellen" (die individuelle Entscheidung über eine Verhaltensoption ist ausschlaggebend für den Effekt) und „kollektiven" (allgemeines Verhalten bzw. solches größerer Gruppen; Trends, …) Effekten [11].

Mögliche Rebound-spezifische Gegenmaßnahmen können untergliedert werden in [11]:

- **Strukturelle Maßnahmen:** Begrenzung der Wohnnutzflächen oder des KFZ-Verbrauchs etc. durch Begrenzung des Angebotes;
- **Ordnungsrechtliche Beschränkungen:** Ge- und Verbote wie Höchsttemperatur, Höchstverbrauch, Verbot fossil betriebener Heizungen und Fahrzeuge, …
- **Finanzielle Anreize:** durch Verteuerung der Energie werden auch Rebound-Effekte teurer;
- **Bildung und Beratung:** Bewusstseinsbildung, Motivation, Information, Beratung und Training beeinflussen VerbraucherInnenverhalten nachhaltig

Ökologischer Fußabdruck

Der **Ökologische Fußabdruck** zeigt die Fläche auf der Erde an, die eine Person auf Grund ihres gesamten Ressourcenverbrauchs zur Befriedigung ihrer Bedürfnisse benötigt. Er schließt alle Flächen ein, die für die Produktion der benötigten Kleidung, Nahrung und Energie, fürs Wohnen usw. sowie für die Entsorgung oder das Recycling des von der Person erzeugten Mülls benötigt werden. Der Wert wird in **Hektar pro Person und Jahr** angegeben. **Je niedriger dieser Wert, umso ökologischer ist der Lebensstil.**

Mit diesem ökologischen Fußabdruck kann man Länder in Bezug auf ihre Nachhaltigkeit vergleichen. Damit wird auch dargestellt, ob und wie viel wir über unsere Verhältnisse leben. Die **Biokapazität** ist die Kapazität eines Ökosystems, nutzbare biologische Materialien zu produzieren und durch den Menschen erzeugte Abfallstoffe wieder zu verarbeiten.

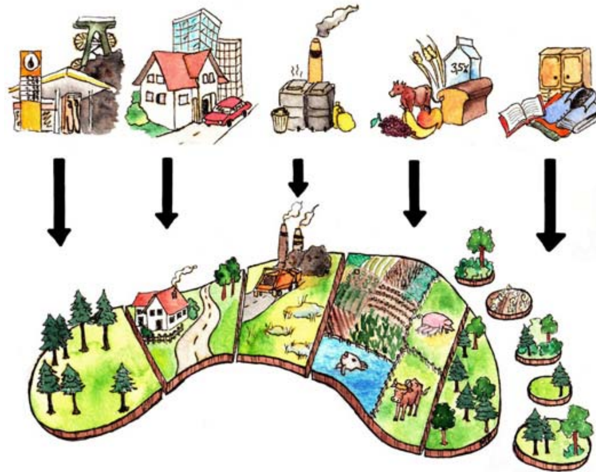


Abbildung 20: ökologischer Fußabdruck, © Maria Pinke

Arme Länder wie z. B. Elfenbeinküste, Tansania, Bangladesch, Nepal usw. haben einen kleinen Ökologischen Fußabdruck von ca. 0,8 Hektar pro Person und Jahr. Wenn man den Ökologischen Fußabdruck aller Länder mittelt ergibt das einen Durchschnittswert von 2,7 Hektar pro Person und Jahr [16].

Ein fairer Ökologischer Fußabdruck wäre 1,7 Hektar pro Person und Jahr.

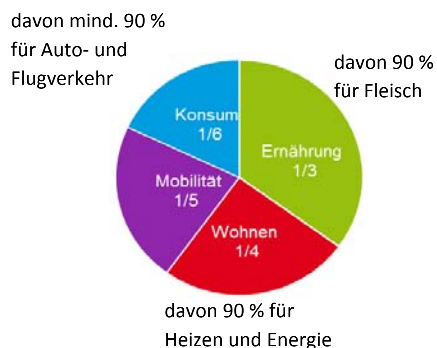


Abbildung 21: Zusammensetzung des österreichischen Footprints; Quelle: Plattform Footprint „leben auf großem Fuß“ SERI 2005; Darstellung DIE UMWELTBERATUNG

Alle Österreicherinnen und Österreicher haben einen durchschnittlichen Ökologischen Fußabdruck von ca. 5 Hektar pro Person und Jahr. Auf die gesamte Weltbevölkerung hochgerechnet bedeutet das, dass wir etwa drei Planeten wie die Erde bräuchten, wenn alle Menschen so leben würden wie die Menschen in Österreich. Würden alle so leben wie die US-Amerikaner, dann bräuchten wir sogar mehr als fünf Planeten.

Die Zusammensetzung des österreichischen Fußabdrucks zeigt Abbildung 22 aufgeteilt in die Bereiche Ernährung, Wohnen, Mobilität, Konsum. In Österreich zeigt sich auch ein Unterschied im Ökologischen Fußabdruck von Stadt zu Land. In ländlichen Gegenden ist dieser größer als in Städtern. Den entscheidenden Unterschied machen dabei das Wohnen und der Verkehr. In der Stadt sind die Wege kurz und der öffentliche Verkehr gut ausgebaut. In den Städten gibt es hauptsächlich verdichteten Wohnbau, statt der meist großen Einfamilienhäuser am Land. Dadurch wird für eine Wohnung weniger Fläche benötigt, aber auch der Heizenergieverbrauch ist geringer.

Der Ökologische Fußabdruck ist einkommensabhängig. Menschen, die mehr Geld zur Verfügung haben, leisten sich auch einen größeren Energiekonsum wie untenstehende Abbildung deutlich zeigt.

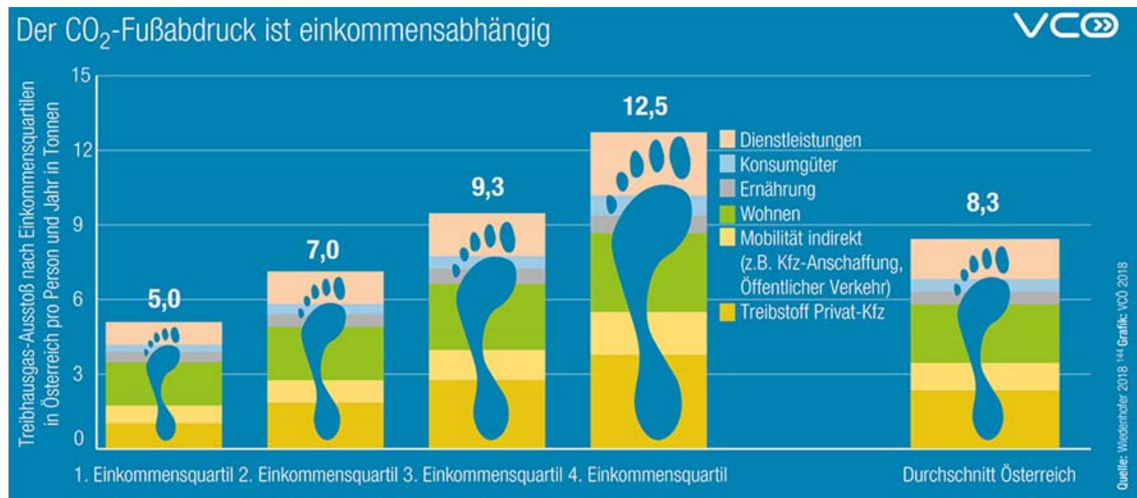


Abbildung 22: Der CO2 Abdruck ist einkommensabhängig; © VCÖ

Aus diesem Grund sind verbrauchsabhängige Abgaben und Steuern ein Mittel, um das Bewusstsein für den Energieverbrauch zu erweitern und die Bevölkerungsgruppen zu erreichen, die prinzipiell ein großes Einsparpotential haben.

Gesamt betrachtet kann der eigene ökologische Fußabdruck verkleinert werden, indem man bewusst einkauft, Energie spart, das Auto für Kurzstrecken stehen lässt und keine Flugreisen unternimmt. Unter dem Link https://www.bmnt.gv.at/umwelt/nachhaltigkeit/bildung_nachhaltige_entwicklung/fussabdruck_rechner.html lässt sich der eigene Ökologische Fußabdruck leicht berechnen.

Wohlstand und Lebensqualität

Es gibt keine allgemein anerkannte Definition von Wohlstand. Die bisherige Definition der Wirtschaftswissenschaften von Wohlstand über das Bruttosozialprodukt über den jährlichen Besitz und die Güterproduktion ist zu kurz gegriffen und spart elementare Werte des Zusammenlebens aus.
Eine neue Definition von Wohlstand sollte sich am Wohlergehen der Menschen und an den ökologischen Voraussetzungen unseres Planeten orientieren.

Dazu bedarf es **Ansprüche und Lebensentwürfe zu überdenken**:
Was brauche ich wirklich?
Was macht mich glücklich?
Wer bin ich, wenn ich nicht konsumiere und mich über Dinge definiere?
(Siehe auch **SOL - Menschen für Solidarität, Ökologie und Lebensstil;** http://www.nachhaltig.at/)

Was ist ein gutes Leben?

Es ist sicherlich individuell, aber basiert auf der Freiheit sein Leben schöpferisch zu gestalten, sich zu entfalten und das zu genießen, was die Natur uns bietet. Wichtige Faktoren, die zum guten Leben beitragen sind völlig umsonst!

Eine **Steigerung der Lebensqualität** kann durch weniger Verbrauch, weniger Konsum, weniger Produktion eintreten.

- Gehen statt fahren spart 100% Energie, erhöht die Fitness und steigert damit das Wohlbefinden!

- Öffentliche Verkehrsmittel nutzen reduziert die Lärm- und Feinstaubbelastung und den Energieverbrauch. Das ist nicht nur billiger, sondern lässt den Menschen den öffentlichen Raum als sicheren Bewegungsraum, der zum Gehen, sich treffen, spielen, …genutzt werden kann.
- Weniger Fleischkonsum, schont die Tiere und ist ein wichtiger Beitrag zum Klima- und Umweltschutz.
- Biologische Lebensmittel sind gesund und schmackhaft, reduzieren CO_2 Emissionen und erhalten unsere Umwelt als Lebensraum für Mensch und Tier.
- Weniger Wohnfläche und gemeinsames Wohnen (Co-Housing) eröffnen uns neue Möglichkeiten des Zusammenlebens, das Synergien nutzt und den sozialen Zusammenhalt stärkt.
- Weniger Konsum und Energieverbrauch erhalten uns eine ökologisch vitale Umgebung, die uns und den nächsten Generationen Erholungsraum ist und genug zum Leben bietet.

Vermeidung von Transport, Chemie, Düngemitteln, Fleischverzehr, Plastik, Energie, ... eine ökologisch nachhaltige Lebensweise ist ein Konglomerat aus verschiedenen Maßnahmen!

Siehe auch Kapitel „ökologischer Fußabdruck“. Informationen zum ökologischen, nachhaltigen Lebensstil gibt DIE UMWELTBERATUNG und eNu.

Welterschöpfungstag

Auch als Earth Overshoot Day bekannt, ist jener Tag im laufenden Jahr, an dem die menschliche Nachfrage an natürlichen Ressourcen das Angebot und die Kapazität der Erde zur Reproduktion dieser Ressourcen übersteigt. Das Datum wird aus einem globalen Ökologischen Fußabdruck, der in ein Verhältnis zur gesamten globalen Biokapazität gesetzt wird, errechnet.

Mit Überschreitung des Welterschöpfungstages befindet sich die Menschheit in einem Defizit, weil bereits alle Ressourcen, die im laufenden Jahr nachhaltig zur Verfügung gestanden sind, aufgebraucht wurden und der Ressourcenverbrauch im restlichen Jahr von der Erde geliehen werden muss. Das bedeutet, dass sich die Menschheit mehr von der Erde nimmt, als diese jährlich an natürlichen Ressourcen erneuern und an Treibhausgasen aufnehmen kann.

Zum Beispiel war im Jahr 1987 der Welterschöpfungstag am 19.Dezember, im Jahr 2017 bereits am 2. August. Der Erschöpfungstag für Österreich war im Jahr 2017 bereits am 11. April.

Der globale Fußabdruck wird von Global Footprint Network berechnet und ist eine internationale Forschungsorganisation, die daran arbeitet, nachhaltige politische Entscheidungen in einer Welt mit begrenzten Ressourcen und Klimawandel voranzutreiben. Gemeinsam mit Partnerinstitutionen koordiniert Global Footprint Network die Forschung rund um den Ökologischen Fußabdruck, entwickelt methodologische Standards und bietet Entscheidungsträgern ein Portfolio von Entscheidungs- und Messinstrumenten an. Unter www.footprintnetwork.org lassen sich die Welterschöpfungstage der einzelnen Länder einsehen.

Literaturverweise

[1] IEA, Key World 2017; https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf; abgerufen im Oktober 2017

[2] IEA – Word Energy Outlook 2016 – Executive Summary; https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf; abgerufen im Oktober 2017

[3] Energie in Österreich, bmwfw 2017; https://www.bmdw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energiebericht/Documents/Energie%20in%20O%cc%88sterreich%20Barrierefrei%20final.pdf; abgerufen im März 2018

[4] Energiestatus 2016; bmwfw; https://www.bmdw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energiebericht/Documents/Energiestatus%202016.pdf; abgerufen im Oktober 2017

[5] Stromverbrauch pro Haushalt https://www.e-control.at/documents/20903/388512/e-control-statistikbroschuere-2017.pdf/93acb38b-6653-420b-7985-08d3d341732b

[6] Bohunovsky [2008]; ZENVIS Endbericht [2009]

[7] https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/Energiestandard

[8] Treberspurg et al [2009]: Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien

[9] http://www.energieagentur.nrw/klimaschutz/kommunen/nutzerverhalten1

[10] Nachhaltige Energieversorgung basierend auf Vernetzung und KooperationNEVK [2014]

[11] Christian et al [2017]: uRbe – urbane Reboundeffekte

[12] Umweltbundesamt Deutschland [2016]: „Rebound-Effekte: Wie können sie effektiv begrenzt werden?“

[13] http://www.klimaretter.info/tipps-klima-lexikon/20683-rebound-effekt

[14] Madlener/Alcott [2011]; Jenkins et al [2011]; Sorell [2007]; Greening/Green [1998]

[15] Santarius [2012], Wuppertalinstitut: Der Rebound-Effekt - Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz

[16] Footprint http://www.footprint.at/fileadmin/zf/dokumente/footprint_brosch_v3LM.pdf

Fragen zu den Lernzielen:

- ☑ Wie viel Prozent des weltweiten Energieverbrauchs stammen aus fossilen Quellen?
- ☑ Wie war die Entwicklung des Weltenergieverbrauches innerhalb der letzten 50 Jahre und wie ist sie bis 2040 zu erwarten?
- ☑ Wie viel des weltweiten Energieverbrauchs wird für die Erzeugung von Strom verwendet? Welchen Prozentsatz nehmen dabei nachhaltige Energieträger (außer Atomstrom) ein?
- ☑ Der Energiekonsum ist weltweit ungleich verteilt: Wer verbraucht viel und warum? Wie ist der Energiekonsum Österreichs im Vergleich einzuschätzen?
- ☑ Was benötigt ein Mensch an Energie pro Tag?
- ☑ Was versteht man unter Peak Oil?
- ☑ Nenne erneuerbare Energiequellen und deren Einsatzmöglichkeiten.
- ☑ Wie sind die weltweiten Energiereserven in ihrer Größenordnung einzuschätzen?
- ☑ Wie hoch ist der erneuerbare Anteil bei der inländischen Erzeugung?
- ☑ Zu wie viel % ist Österreich vom Energieimport abhängig? Was heißt das für die Volkswirtschaft?
- ☑ Welche Energieträger werden hauptsächlich importiert?

- ☑ Wie hoch ist der energetische Endverbrauch Österreichs und wie teilt sich dieser in den Sektoren auf?
- ☑ Energieverbrauch Haushalte: welches sind die verbrauchsrelevanten Bereiche? Wie erklärt sich die große Schwankungsbreite im Energieverbrauch?
- ☑ Was versteht man unter der Energieumwandlungskette? Nenne Beispiele.
- ☑ Was versteht man unter Energiedienstleistung?
- ☑ Wo kann man ansetzen, um Energie zu sparen?
- ☑ Wie ist das NutzerInnenverhalten in Bezug auf Energieverbrauch einzuschätzen?
- ☑ Nenne Energieeinsparpotentiale aufgrund von Nutzverhalten.
- ☑ Was versteht man unter Rebound-Effekt? Nenne Beispiele.
- ☑ Was ist unter dem Ökologischen Fußabdruck zu verstehen?
- ☑ Wie würde ein fairer weltweiter Ökologischer Fußabdruck aussehen?
- ☑ Warum ist der Ökologische Fußabdruck von Stadt und Land unterschiedlich? Begründe.
- ☑ Nenne Beispiele, wie der persönliche Ökologische Fußabdruck verkleinert werden kann.
- ☑ Was versteht man unter dem Welterschöpfungstag? Wann war dieser 2017?